

Observation of ion diffusion in a velocity space induced by microinstability in a mirror plasma

著者	Goto Tetsuya
内容記述	Thesis (Ph. D. in Science)--University of Tsukuba, (A), no. 2301, 2000.3.24 Includes bibliographical references (p. 73-77)
発行年	2000
URL	http://hdl.handle.net/2241/5481

氏 名 (本 籍)	後 藤 哲 也 (栃 木 県)
学 位 の 種 類	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	博 甲 第 2301 号
学位授与年月日	平成 12 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
審 査 研 究 科	物理学研究科
学 位 論 文 題 目	Observation of Ion Diffusion in a Velocity Space Induced by Microinstability in a Mirror Plasma (ミラープラズマにおける微視的不安定性に起因する速度空間内のイオン拡散の観測)
主 査	筑波大学教授 理学博士 長 照 二
副 査	筑波大学教授 理学博士 香 村 俊 武
副 査	筑波大学教授 理学博士 玉 野 輝 男
副 査	筑波大学助教授 理学博士 石 井 亀 男

論 文 の 内 容 の 要 旨

本論文は、筑波大学プラズマ研究センターのタンデムミラー型プラズマ閉じ込め装置ガンマ10において、非等方なイオン温度に起因してプラズマ中に励起した微視的不安定性がイオン分布関数及び軸方向イオン閉じ込めに与える影響を、新開発した端損失イオン速度分布関数測定器 (ELECA) による測定結果に基づき検討した論文である。開放端型プラズマ閉じ込め装置には、プラズマ粒子の速度空間内に損失領域が存在するため、諸種の原因により捕捉領域から損失領域へ移行したプラズマ粒子は、磁力線に沿って装置端へ流出する。制御熱核融合の実現に向けたプラズマ実験においてイオン加熱は必要不可欠で、イオンサイクロトロン共鳴を応用した加熱法が常用されている。この加熱法はイオンを非等方に加熱し、プラズマ内に微視的不安定性を励起する要因となる。微視的不安定性は速度空間内でのプラズマ粒子の輸送現象に関与し、損失領域への移行の促進等プラズマ閉じ込めに影響を与えるため、微視的不安定性に起因する速度空間内のイオン拡散と言う点に着目して研究した。

ガンマ10では、主プラズマ閉じ込め領域であるセントラル部において、イオンサイクロトロン周波数帯の電磁波によるイオン加熱が行われている。この加熱法は主としてイオンを磁力線に対し垂直方向に加速するため、イオン非等方度が10を越す垂直方向温度成分の大きいプラズマが生成され、その結果、微視的不安定性の一つであるアルベン・イオンサイクロトロン (AIC) モード不安定性が励起される。著者は、この不安定性による捕捉領域から損失領域へのイオン輸送現象を調べるために、端損失イオンのエネルギーとピッチ角分布の同時測定から、速度分布関数の時間発展を詳細に検討し得るELACA測定器を開発し活用した。特に、イオン検出器としてマイクロチャンネルプレート (MCP) を使用したが、MCPの利得を入射イオンエネルギー、入射イオン電流量及びMCPバイアス電圧の関数として定量化する事に成功した (JJAP誌に発表)。この結果、閉じ込め電位形成時の弱端損失イオン電流を含め、0.1～10keVに渡る幅広いエネルギー範囲及び広範囲な電流強度に対し、自動的に入力電流 (端損失イオン電流) を算出する方法が確立され、エネルギー分布関数並びに速度分布関数が即時的に求められる様になった。端損失イオンのエネルギー分布関数測定より、約1.5keVのエネルギー領域に著しい特徴であるハンプ構造が発生する事を見出した。更に、端損失イオンのピッチ角分解を行い、ハンプ構造が発生するエネルギー帯に限り損失領域の内部にまでイオンが浸透していることを、世界的に初めて観測した。本研究はこれらの実験事実を踏まえ、AICモード不安定性の励起に起因する速度空間内のイオン輸送と、端損失イオンのエネルギー分布関数に発生するハンプ構造とを、以下の如く定量的に関連づけた。

- (1) AIC モード不安定性の励起強度とハンブ構造の発生強度との相関関係の検証。
- (2) ドップラーシフトを考慮に入れた AIC モード不安定性とイオンの共鳴との観点から、ハンブ構造が発生するエネルギー及びエネルギー帯の上下限を考察し、観測結果をクリアーに説明。
- (3) ハンブ構造エネルギー帯に現れる損失領域内部へのイオンの浸透について考察し、クーロン散乱よりも AIC 不安定性の励起が主原因であると結論。

本研究での一連の測定結果の解析及び考察により、選択的なエネルギーを持つイオンの捕捉領域から損失領域への拡散の促進は、AICモード不安定性の励起に起因することを明らかにした。また、端損失イオンのエネルギー分布関数に発生するハンブ構造の詳細解析より、イオン閉じ込めに与える影響を検討し、現時点では深刻ではないことを見出した。

審 査 の 結 果 の 要 旨

タンデムミラー型磁場閉じ込め装置では、プラズマの両端部に電位の壁を形成することにより、プラズマ粒子の速度空間内に存在する損失領域を狭め、閉じ込め時間の改善を計っている。電位の壁を超えるエネルギーを持つイオンが、選択的に損失領域に流出する機構があると、閉じ込めに大きな影響を与え得る。AICモード不安定性の励起は上記の機構に対応し、この現象の研究はタンデムミラー装置の閉じ込めの研究に対し、極めて重要な意味をもつ。本研究で定量的に発生機構を明らかにし、閉じ込めに与える影響を検討したことは、タンデムミラーの研究に対し大きく貢献するものである。また、本研究の成果の一部は、すでに国際的な学術誌に掲載されており、その価値が認められている。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。